

# Ecografía Doppler en el Acceso Vascular

Inés Aragoncillo<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid

## Enlaces de Interés

- [Ecografía del acceso vascular para hemodiálisis: conceptos teóricos, prácticos y criterios. NEFROLOGÍA 2012](#)
- [Monitorización FA. JL Merino. Nefrología al Día](#)
- [Catéteres tunelizados para Hemodiálisis. Nefrología Intervencionista.](#)

Fecha actualización: 14/08/2021

TEXTO COMPLETO

INDICE

1. Conceptos básicos de la ecografía doppler necesarios para realizar ecografía de acceso vascular.
2. Ventajas e inconvenientes de la Ecografía doppler
3. Indicaciones para la utilización de la ecografía doppler en relación al acceso vascular.
4. Datos a tener en cuenta para realizar una adecuada exploración con ecografía doppler
5. Sistemática de la exploración con ecografía doppler en el mapeo prequirúrgico
  - a. Exploración arterial
  - b. Exploración venosa
6. Sistemática de la exploración con ecografía doppler de la FAV prevalente
  - a. Exploración arterial morfológica.

b. Anastomosis.

c. Exploración venosa.

d. Medida del flujo de acceso y el índice de resistencia

## 7. Criterios ecográficos de fístula madura.

### 1. Conceptos básicos de la ecografía doppler necesarios para realizar ecografía de acceso vascular.

La ecografía doppler (ED) es una técnica de imagen diagnóstica basada en la utilización de ultrasonidos (US) emitidos a través de una sonda o transductor que puede ser lineal, convexa o sectorial.

Para permitir la adecuada transmisión de los US se debe colocar gel entre la sonda de ultrasonidos y la piel del paciente.

Cuando el transductor emite los pulsos de energía en forma de US, las ondas se propagan a través de los tejidos. Cuando las ondas pasan de un tejido a otro con diferentes propiedades físicas (Interfase acústica), una parte de los US atraviesa el tejido correspondiente y otra parte se refleja, volviendo al transductor donde los impulsos eléctricos se transforman en una imagen que veremos en la pantalla en una escala de grises (Modo B).

Hay tejidos como el hueso que no dejan pasar prácticamente ningún US, por lo que todos los ultrasonidos volverán al transductor y la imagen será hiperecónica (blanca).

En el otro extremo están los líquidos que dejan pasar prácticamente todos los US a su través por lo que la imagen resultante será anecónica (negra).

#### Tipos de sonda.

La sonda lineal de tipo multifrecuencia (entre 7,5 y 12,5 mHz) es la más adecuada para realizar el estudio vascular ([Figura 1](#)). Tiene muy buena resolución espacial pero poca penetración en el tejido por lo que es ideal para el estudio de vasos superficiales como en es el caso de la fístula arteriovenosa.

Las sondas convexas son de baja frecuencia (3-5 mHz). Tienen menor resolución, pero mayor

capacidad de visualizar estructuras profundas y son de elección para la ecografía abdominal.

Las sondas sectoriales también tienen baja frecuencia (3-9 MHz) y debido a su morfología cuadrada permiten obtener un campo visual muy estrecho proximalmente y muy ancho distalmente, son de especial utilidad para la ecografía cardiaca.

## **Modo B**

Entre los ajustes más importantes en la obtención de la imagen en escala de grises destacan:

- Profundidad. Número de centímetros que penetramos desde la piel. Debe estar ajustada de tal forma que la imagen objeto de estudio (Ej. Arteria Humeral), este situada en el centro de la pantalla con un tamaño suficiente para poder diferenciar los componentes de la imagen (Ej. Intima-media).
- Ganancia. Intensidad con la que vemos la imagen en la pantalla. Tiene que estar ajustada de tal forma que seamos capaces de diferenciar los diferentes tejidos, pero evitando la aparición de artefactos.
- Foco. Permite enfocar con mayor resolución una franja horizontal de la pantalla aunque no todos los ecógrafos portátiles disponen de este ajuste.

## **Efecto doppler**

El efecto doppler consiste en detectar y representar con color, las zonas donde se detecta movimiento. Se basa en un principio sencillo, cuando los US chocan con una partícula en movimiento existe un cambio de frecuencia proporcional a la velocidad de la estructura reflectora. El transductor recibe este cambio de frecuencia y es capaz de detectar donde hay movimiento. Además, permite medir la velocidad de la sangre mediante la llamada ecuación doppler.

El ángulo de insonación formado entre el haz de US y la estructura en movimiento influye en la ecuación doppler y debe estar situado entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$ .

Si el ángulo Doppler es de  $90^\circ$  no se detecta cambio alguno en la frecuencia Doppler dado que el coseno de  $90^\circ$  es 0, y la imagen obtenida es "ausencia de flujo".

El ángulo Doppler es mayor de  $60^\circ$ , pequeños cambios en el ángulo se asocian con grandes cambios en el coseno del ángulo Doppler y por tanto en el cálculo de la velocidad.

Por tanto, el ángulo Doppler debe ser inferior a  $60^\circ$  para que la velocidad medida sea fiable; lo ideal, entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$ .

Cuando manejamos el efecto doppler es fundamental realizar en todo momento el ajuste de la Frecuencia de Repetición de pulso (PRF) que indica el número de pulsos de US emitidos por segundo. Está relacionada con la velocidad del flujo a estudiar y con la profundidad a la que se encuentra la estructura de estudio.

- Si la velocidad es alta requiere un PRF más alto para obtener una alta tasa de muestreo de los múltiples hematíes que atraviesan el vaso por segundo. (A mayor velocidad mayor PRF y a menor velocidad menor PRF).

- Si el vaso es muy superficial los US tendrán que recorrer poca distancia hasta llegar a la estructura de estudio y podremos enviar un mayor número de US obteniendo mejor resolución de imagen. Sin embargo, si el vaso es profundo los US tienen que recorrer una distancia mayor y los US que se reflejan pueden chocar con los US que se emiten artefactando la formación de la imagen. Por ello cuando la estructura de estudio es profunda habrá que disminuir el PRF.

Los cambios en el PRF implican cambios en la escala de velocidad, es decir, en el rango de velocidades representadas mediante Doppler color o Doppler espectral.

Cuando la velocidad del flujo es mayor al doble del PRF ajustado aparece un fenómeno de mezcla de colores o turbulencia llamado aliasing.

La escala de velocidad y el PRF se ajustan por separado en el Doppler color y en el Doppler pulsado.

Modo Doppler Color.

El modo doppler-color (DC) codifica en escala de rojos y azules la imagen en movimiento. Por consenso se representa en rojo cuando la sangre se acerca al transductor y en azul cuando la sangre se aleja del transductor. El color es de mayor o menor intensidad según la velocidad de flujo sea mayor o menor.

Modo Power-Color. El modo power color o doppler de potencia en color (DPC), [en inglés Power doppler Image (PDI)], consiste en una escala de naranjas que nos permite valorar con mayor sensibilidad que el power doppler dónde hay movimiento y dónde no lo hay aunque no nos permite saber si la sangre se acerca o se aleja del transductor.

Dopler pulsado [Pulse wave (PW)]. Nos permite obtener el registro espectral de la onda de pulso en el vaso que estamos estudiando.

Dentro de este registro los parámetros de estudio más importantes en el contexto del mapeo vascular y la ecografía de fístula serán:

- Velocidad pico sistólica (VPS). Velocidad máxima de la sangre que tiene lugar durante la sístole. Se mide en centímetros por segundo (cm/sg)
- Índice de Resistencia. Indica la resistencia que existe al paso de la sangre.
- Medida del flujo de acceso (QA). Es la medida de la cantidad de sangre que pasa por el vaso que estamos estudiando y se mide en mililitros por minuto (ml/min). Es importante asegurarse de que el ecógrafo portátil dispone de esta aplicación incluida en el software del equipo ya que es esencial para la vigilancia de las fístulas arteriovenosas.

## 2. Ventajas e inconvenientes de la Ecografía doppler

La ecografía doppler (ED) es una técnica diagnóstica no invasiva, de bajo coste, rápida de utilizar a pie de cama del paciente, y que asocia elevada sensibilidad y especificidad en manos expertas. Por estos motivos, ha ido aumentando su utilización en la evaluación preoperatoria del paciente candidato a FAV, en la maduración postquirúrgica y en el seguimiento periódico de la FAV prevalente.

Entre sus inconvenientes destacan:

- Técnica observador dependiente. Precisa entrenamiento específico por parte del Nefrólogo y del personal de Enfermería.
- Dificultad para su uso en pacientes con vendajes, heridas.
- Dificultad de valoración diagnóstica adecuada en arterias calcificadas.
- Dificultad para visualizar correctamente el territorio venoso central.

## 3. Indicaciones para la utilización de la ecografía doppler en relación al acceso vascular.

Las actuales guías GEMAV recomiendan la utilización de la ecografía doppler en los siguientes supuestos:

- Se recomienda realizar un mapeo vascular ecográfico preoperatorio de forma rutinaria antes de la realización del acceso vascular, en el que se debe evaluar el diámetro y la calidad de la pared arterial, y la anatomía y la permeabilidad del sistema venoso profundo y superficial de la extremidad [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]. (Recomendación 1.3.3. Página 14 Guías Gemav)

- Se recomienda efectuar una ecografía Doppler ante toda fístula arteriovenosa nativa con un desarrollo insuficiente evidenciado mediante la exploración física en la consulta de enfermedad renal crónica avanzada [8] [9] [10]. (Recomendación 3.3.2. Página 34 Guías Gemav)

- Se recomienda utilizar indistintamente tanto la ecografía Doppler como los métodos de cribado dilucionales para evaluar la función de la fístula arteriovenosa, ya que presentan un rendimiento equivalente en la determinación del flujo sanguíneo [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21][22] (Recomendación 4.7.1. Página 55 Guías Gemav)

- Se recomienda la ecografía Doppler como exploración de imagen de primera elección en manos de un explorador experimentado, sin necesidad de fistulografía confirmatoria, para indicar el tratamiento electivo ante toda sospecha de una estenosis significativa [23] [24] [25] [26] [27] (Recomendación 4.7.2. Página 55 Guías Gemav)

- Se recomienda reservar la fistulografía como exploración diagnóstica de imagen únicamente para los casos de resultado no concluyente de la ecografía Doppler y sospecha persistente de estenosis significativa [28] [29] [30] (Recomendación 4.7.3. Página 55 Guías Gemav)

4. Datos a tener en cuenta para realizar una adecuada exploración con ecografía doppler [31] [32] [33]. (Tabla 17 página 56 guías Gemav)

Posición.

Tanto en el mapeo prequirúrgico como en la exploración de la FAV prevalente es imprescindible comenzar con un adecuado posicionamiento de paciente y explorador. La posición del paciente puede ser en decúbito supino o en sedestación, siempre que sea cómoda y que el miembro estudiado se pueda apoyar sobre una superficie dura y lisa con una angulación de unos 45 grados respecto al cuerpo del paciente (Si esto no es posible una alternativa adecuada es apoyar el miembro estudiado sobre las rodillas del explorador).

Momento y lugar para realizar la exploración.

En pacientes ya incluidos en programa de hemodiálisis es conveniente realizar la exploración en el periodo inter diálisis para evitar los apósitos y el sangrado en las zonas de punción. En caso de indicación de ecografía urgente debemos de tener en cuenta que si la exploración se realiza post diálisis la exploración y especialmente la medida del flujo de acceso (QA) estará artefactada por la depleción de volumen post-diálisis.

El lugar donde se realiza la exploración debe tener una temperatura cálida y constante para evitar la vasoconstricción.

Sonda utilizada.

La sonda de estudio debe ser una sonda de tipo vascular, multifrecuencia con una frecuencia de estudio entre 7,5 y 12,5 mHz.

Es necesario que el ecógrafo tenga disponible además del modo B (escala de grises), doppler color, doppler pulsado, y que incorpore en su software el cálculo de velocidades y la medida de flujo de acceso.

Ajustes clave.

Trabajando en el modo B es fundamental ajustar adecuadamente la ganancia, la profundidad y el foco para que la imagen obtenida pueda ser interpretada de forma correcta.

Respecto al doppler color y el doppler pulsado es clave ajustar adecuadamente la frecuencia de repetición de pulso (PRF) y el ángulo de insonación (para una correcta medida del QA se recomienda un ángulo de insonación entre 45 y 60°), además de los parámetros anteriores.

5. Sistemática de la exploración con ecografía doppler en el mapeo prequirúrgico

[31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47]

De forma general el mapeo prequirúrgico se debe realizar en ambos miembros superiores (MMSS) y decidir después el mejor lugar para realizar la FAV.

Para ello se tendrán en cuenta los hallazgos ecográficos y las características individuales y preferencias de cada paciente (edad, sexo, peso, comorbilidad, brazo dominante, profesión del paciente y antecedentes de catéteres, marcapasos/desfibrilador, cirugías, fracturas, radioterapia, etc.) [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] (Punto 1.3 Página 14 Guías Gemav)

La ED debe ser realizada después de la exploración física y tras haber tomado la TA al paciente en ambos MMSS. Para valorar adecuadamente arteria y vena es recomendable comenzar con la sonda en posición transversal y pasar posteriormente a la valoración longitudinal del vaso.

#### a. Exploración arterial

La exploración arterial debe ser realizada antes de la exploración venosa.

En ella debemos de tener en cuenta los siguientes factores en arteria humeral, radial y cubital:

- Diámetro de la arteria (Tabla 6 página 16 guías Gemav). A mayor calibre arterial mejor pronóstico. Aunque la literatura es heterogénea, de forma general, se asocian a peor pronóstico las FAV realizadas con arterias menores a 1,8-2 mm, no recomendándose en ningún caso realizar anastomosis con arterias iguales o menores a 1,5 mm [38] [39] [40] [41] [42] [43] (Figura 2) (Figura 3)
- Calcificación. A mayor calcificación mayor riesgo de fallo primario y mayor riesgo de síndrome de robo (Figura 4)
- Tortuosidad. A tener en cuenta especialmente en la zona de la anastomosis (Figura 5).
- Estenosis arterial. Es poco frecuente en pacientes que no han sufrido intervencionismo o cirugías previas, pero en ocasiones se pueden diagnosticar estenosis significativas de arteria humeral o radial que, en función de la severidad, pueden contraindicar la FAV distal a la región estenótica.
- Onda de flujo (monofásica, bifásica o trifásica) y velocidad pico sistólica (VPS). Se asocia a mejor pronóstico una onda de flujo trifásica con VPS superior a 50 cm/sg. La onda de flujo de peor pronóstico será aquella con morfología monofásica y VPS menor de 35 cm/sg. Un flujo de arteria radial > 50 ml/min se ha asociado con mejor pronóstico de la FAV [44] (Figura 6)
- Test de hiperemia. El test de hiperemia consiste en pedir al paciente que apriete el puño durante 2 minutos y comparar la onda de flujo con el puño apretado y tras abrir la mano. Típicamente la onda de flujo pasará de ser trifásica con índice de resistencia (IR) de 1 a tener una morfología de baja resistencia sin inversión de la diástole. Cuando al abrir la mano el IR es < de 0,7 es un dato de buen pronóstico (Figura 7).

#### b. Exploración venosa.

La exploración venosa se debe realizar con un compresor. Idealmente se realizará una primera exploración sin compresión y una segunda valoración de mapeo con compresor que es la que determinará los calibres venosos a tener en cuenta para la intervención. Se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- Diámetro de la vena (Tabla 7 página 16 guías Gemav). A mayor calibre venoso mejor pronóstico. De nuevo no existe un consenso claro en la literatura sobre los calibres mínimos para realizar la FAV, pero sabemos que se asocia a mejor pronóstico una vena mayor a 2 mm en antebrazo y mayor a 2,5-3 mm a nivel de la flexura del codo (Figura 8) y (Figura 9). Se debe evitar realizar anastomosis con venas menores a 1,6 mm medidas con compresor. Cuando existe un aumento del calibre venoso superior al 40% al comparar la vena antes y después de colocar el compresor es un factor de buen pronóstico [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [47]. También es importante determinar la distancia con la arteria para plantear la mejor zona para realizar la anastomosis (Figura 10).
- Compresibilidad. Mientras pasamos el transductor por encima de la vena debemos ir comprimiendo periódicamente la misma a lo largo de todo el recorrido. Esta maniobra unida a la medida del calibre venoso nos permitirá detectar zonas de rigidez, fibrosis o estenosis de la vena que modifiquen la decisión sobre la mejor localización de la FAV.
- Tortuosidad y profundidad de la vena. A tener en cuenta de cara a las futuras punciones, especialmente en pacientes con circunferencia braquial importante y presencia de abundante tejido adiposo (Figura 11).
- Trayecto. Colaterales- Es fundamental tener en cuenta la enorme variabilidad anatómica del sistema venoso a la hora de decidir la FAV y planificar la cirugía en función de los hallazgos (distancia con la arteria, necesidad de cierre de colaterales, posibilidad de descolgar la vena vs necesidad de un puente de PTFE, tipo de anastomosis más adecuado latero-lateral vs latero-terminal, etc) (Figura 12).
- Fascicidad respiratoria. Consiste en valorar la modificación de la onda de flujo en vena axilar o subclavia con la inspiración. En condiciones normales la VPS de la onda de flujo aumenta con la inspiración. La ausencia de modificación de la onda de flujo con la inspiración es un signo indirecto de estenosis central. Ante la duda se debe solicitar una flebografía para valorar el sistema venoso central antes de realizar la FAV (Figura 13).

## 6. Sistemática de la exploración con ecografía doppler de la FAV prevalente

[16] [24] [25] [29] [30] [31] [32] [33] [48] [49] [50] [51]

La sistemática de la exploración ecográfica de la FAV prevalente comienza con la arteria aferente continúa con la anastomosis arterio-venosa y finaliza con la vena eferente hasta el territorio central.

### a. Exploración arterial morfológica.

Inicialmente con el modo B valoraremos las características morfológicas de la arteria humeral y radial. Al igual que en el mapeo preoperatorio prestaremos especial atención al valorar calibre, calcificación, tortuosidad y posible presencia de estenosis arterial. Hasta el 30% de los casos de FAV disfuncionante se han relacionado con la presencia de patología de la arteria nutricia [52] [53]. (Figura 2) (Figura 3) (Figura 4) (Figura 5).

### b. Anastomosis.

A nivel de la anastomosis debemos valorar el tipo de anastomosis (latero-lateral vs latero-terminal), el calibre de la misma y la VPS.

El calibre de la anastomosis debe estar entre 3 y 5 mm aunque puede ser mayor en FAV de largo tiempo de evolución. No se recomienda realizar anastomosis mayores a 7 mm ya que pueden asociarse a FAV hiperdinámicas y a mayor riesgo de síndrome de robo [54].

La presencia de turbulencia o aliasing se observa de forma habitual a nivel de la anastomosis y a ese nivel no se considera patológica. El aliasing indica una zona de aceleración de la sangre donde la velocidad del flujo al menos duplica la frecuencia de emisión de pulsos del transductor. La VPS a nivel de la anastomosis suele ser < 400 cm/sg, pero en anastomosis de pequeño calibre puede superar los 400 cm/sg sin ser un dato patológico, siempre y cuando el flujo de acceso se encuentre dentro del rango normal (Figura 14) (Figura 15).

### c. Exploración venosa.

Debemos realizar un recorrido cuidadoso primero transversal y posteriormente longitudinal de todo el trayecto venoso incluyendo las zonas de punción (Figura 16) y el sistema venoso central que podemos visualizar con la ED. Es fundamental explorar detenidamente la vena postanastomótica, valorando la frecuente presencia de hiperplasia intimal (Figura 17). Se debe evaluar la pared venosa en las zonas de punción. Entre las alteraciones que podemos encontrar en las zonas de punción destacan:

Trombos parciales. En el caso de zonas de trombosis reciente a raíz de una punción traumática, donde se objetiva un trombo homogéneo, aún no organizado, puede reabsorberse el trombo dejando de pinchar en la zona afectada (Figura 18) (Figura 19).

Aneurismas (importante valorar el grosor de la pared) e intentar evitar punciones repetidas sobre las zonas de pared menor a 2 mm. (Figura 20).

Pseudoaneurismas. Mediante el estudio doppler debemos valorar si se rellena con flujo parcial o totalmente o por el contrario se trata de un pseudoaneurisma totalmente trombosado (Figura 21) (Figura 22).

Hematomas. La presencia de hematoma peri-FAV también puede ser evaluado mediante la exploración con ED. Es importante ver si el hematoma es compresivo sobre la FAV generando una zona de estenosis o si por el contrario se mantiene intacto el calibre del vaso. (Figura 23).

El manejo de estos hallazgos será valorado con mayor detenimiento en el apartado del tratamiento de las complicaciones de la FAV.

Detección de estenosis venosas. Las estenosis pueden aparecer en cualquier localización a lo largo del trayecto de la vena, siendo más frecuentes las estenosis postanastomóticas o estenosis de inflow en las FAV radiocefálicas y las estenosis de outflow en las FAV humerocefálicas (Figura 24).

Al detectar una estenosis debemos analizar el impacto anatómico y hemodinámico de la misma y en función de los datos de reducción de calibre del vaso, VPS y QA valorar la necesidad de intervención sobre la misma. (Tabla 19 página 57 guías Gemav).

Para plantear la intervención sobre una estenosis esta debe cumplir al menos dos criterios principales y uno adicional (Recomendación 4.9.1. página 63 guías Gemav)

#### CRITERIOS PRINCIPALES

Reducción > 50% luz del vaso.

Ratio VPS est/VPS pre > 2.

#### CRITERIOS ADICIONALES

Luz permeable < 2 mm.

Qa Absoluto: < 500 ml/min (FAV) o < 600 ml/min (PTFE)

Disminución temporal superior al 20-25% si Qa < 1000 ml/min.

d. Medida del flujo de acceso y el índice de resistencia

[55] [56] (Figura 25) (Figura 26)

Una vez finalizada la exploración de la FAV procederemos a medir el QA.

**Localización.** La medida del QA debe ser realizada a nivel de la arteria humeral, tanto en FAV distales como en FAV proximales ya que muchas de las FAV radiocefálicas se nutren en parte a través de la arteria cubital a través del arco palmar y la medida del QA en la arteria radial podría subestimar el flujo real.

Debemos elegir dentro de lo posible una zona no calcificada y de trayecto recto. Para realizar la medida colocaremos el transductor en posición longitudinal.

**Angulo de insonación.** El ángulo de insonación ideal estará entre 46 y 60°, para ello debemos posicionar adecuadamente la caja y buscar una zona de la arteria humeral ligeramente inclinada que nos permita obtener este ángulo.

**Tamaño de muestra.** El tamaño de la muestra debe ocupar entre el 50 y el 70% de la luz del vaso, para poder medir la información de la mayor parte de los hematíes pero evitando medir el flujo turbulento cercano a las paredes del vaso.

Una vez obtenido el registro doppler mediremos el diámetro de la arteria humeral sobre la imagen congelada poniendo especial cuidado en que la medida sea perpendicular al vaso y esté recogida de íntima a íntima para evitar la sobrestimación de la medida. Para esta medida puede resultar útil quitar el color de la imagen.

La mayor parte de los ecógrafos portátiles actuales permiten medir el QA de forma semi-automática. Una vez introducido el calibre del vaso nos permitirá seleccionar varios ciclos o los seleccionará el ecógrafo de manera automática. Es fundamental verificar que está preseleccionada la medida de la velocidad media de los hematíes (TAMEAN Time averaged mean velocity) y no la velocidad pico de los mismos, ya que en este último caso sobrestimaremos la medida del flujo de acceso.

Dado que se trata de una medida observador dependiente se recomienda realizar la media de al menos tres medidas consecutivas del QA. Se considera normal un QA entre 500 y 1500 ml/min en FAV autólogas y entre 600 y 1800 ml/min en FAV protésicas. Un flujo de acceso por debajo de estos valores nos alerta sobre la presencia de estenosis significativa (arterial, venosa o a nivel de la anastomosis). El QA tiene una elevada sensibilidad y especificidad siempre que sea obtenida por un explorador experimentado.

**Periodicidad de medida del QA.** No hay evidencias sobre la periodicidad con la que debemos medir el QA. La mayor parte de los estudios recomiendan su medida trimestral en FAV autólogas y mensual o bimensual en fístulas protésicas, ya sea mediante ED o utilizando métodos dilucionales [11] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22]. El seguimiento periódico del flujo de acceso ha demostrado reducir la tasa de trombosis y aumentar la supervivencia global en FAV autólogas, siendo más controvertida su eficacia en las fístulas protésicas [8] [11] [12] [17] [18] [19] [20] [21]. En aquellas FAV con estenosis no significativas en seguimiento individualizaremos la periodicidad de la medida del QA en función de la severidad de la estenosis y el tipo de FAV.

**Medida del Índice de resistencia.** Por último, debemos recoger el dato del IR. La mayoría de los ecógrafos nos darán la medida de forma automática al recoger el registro doppler pero en algunos equipos será necesario calcularlo de forma manual posicionando el transductor sobre los valores pico y valle de uno de los ciclos. La FAV se caracteriza por ser un vaso de baja resistencia y el IR debe ser menor de 0,5-0,6. El IR es un parámetro con elevada sensibilidad pero baja especificidad para detectar patología de la FAV, si se encuentra por encima de 0,6 nos alerta sobre la presencia de una estenosis significativa (arterial, venosa o a nivel de la anastomosis) pero un IR normal no nos asegura que la FAV sea normofuncionante.

#### 7. Criterios ecográficos de fístula madura.

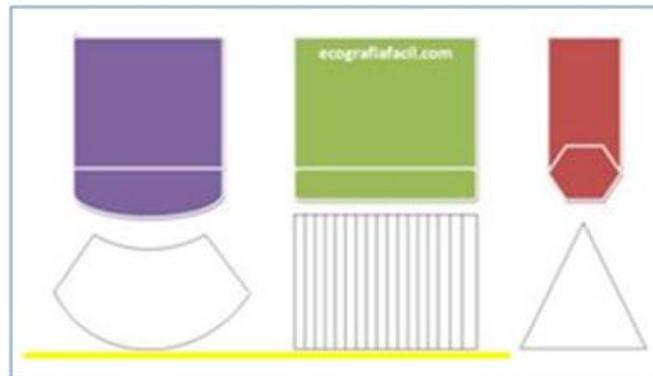
Una adecuada exploración física nos da mucha información sobre el estado de maduración de la FAV (Tabla 23 página 82 guías Gemav), pero la ecografía doppler permite detectar el diámetro exacto de la vena, el flujo de acceso y en casos de falta de maduración nos da información sobre el motivo por el cual la fístula no ha madurado. El momento adecuado para realizar la ecografía doppler de maduración es a las 4-6 semanas tras la cirugía, antes del inicio de las punciones [55] [56].

La literatura es heterogénea sobre la definición exacta de FAV madura. De forma general, hablaremos de FAV madura cuando la vena tenga un calibre > 5-6 mm, esté situada a menos de 6

mm de profundidad y detectemos una media de QA mayor de 500 ml/min. La FAV con vena < de 4 mm y/o un QA < 500 ml/min será una FAV con fallo de maduración [55] [56] [57] [58] [59] [60] (Figura 27).

---

Figura 1: Tipos de sonda



Sonda convexa

Sonda lineal

Sonda sectorial



Sonda sectorial

Sondas lineales

Sonda convexa

Figura 1.

Figura 2: Diámetro de la Arteria

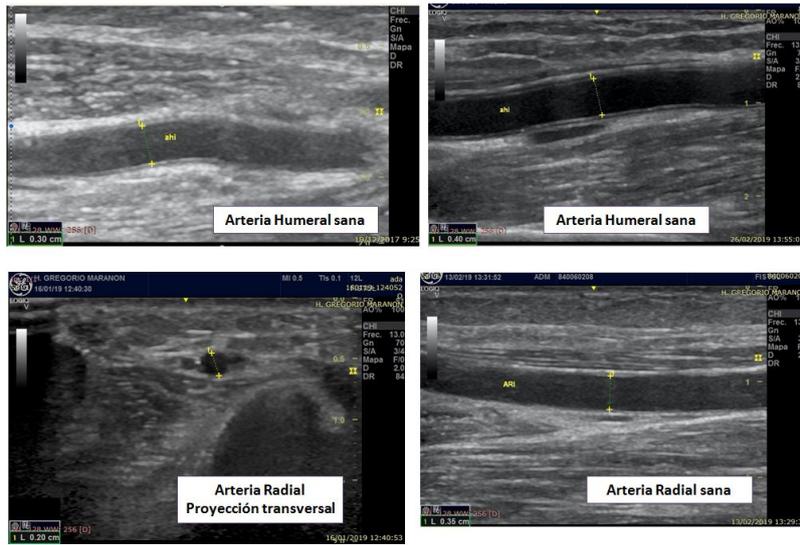


Figura 2.

Figura 3: Diámetro de la Arteria

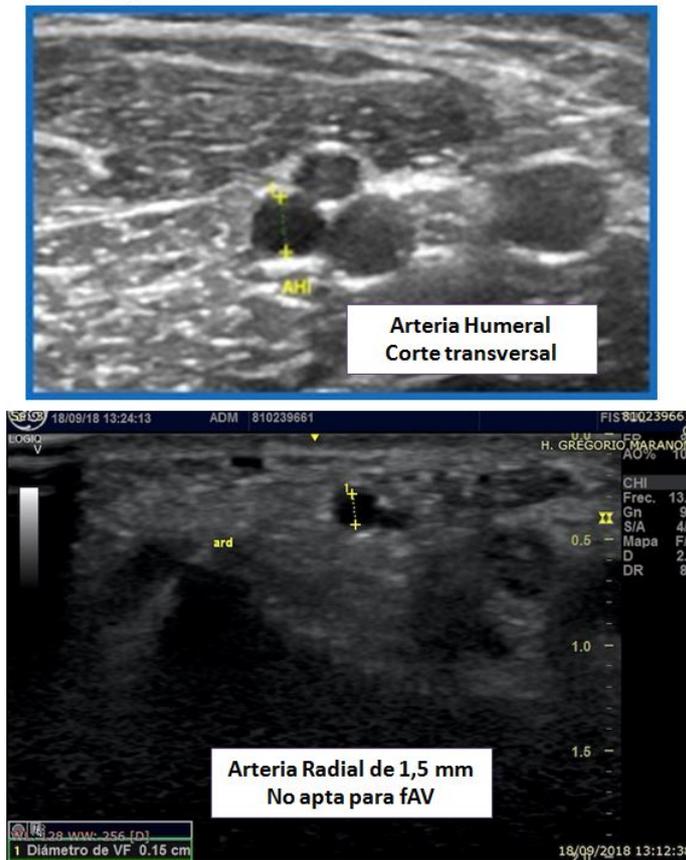


Figura 3.

Figura 4: Calcificación Arterial

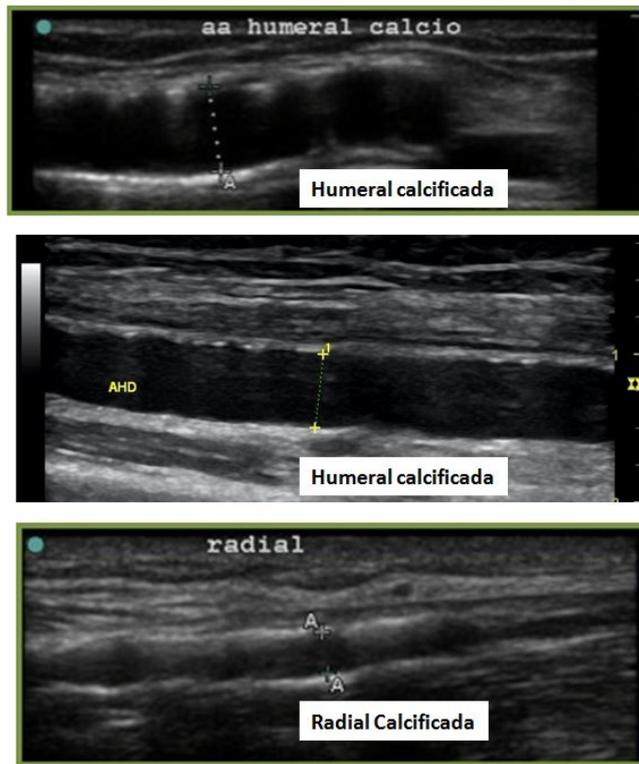


Figura 4.

Figura 5: Tortuosidad Arterial

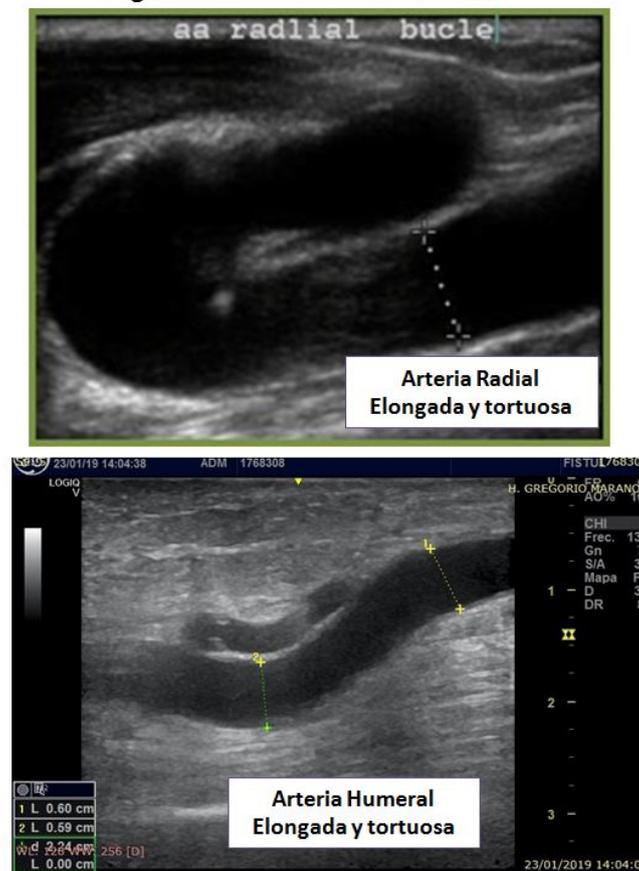


Figura 5.

Figura 6: Onda de Flujo

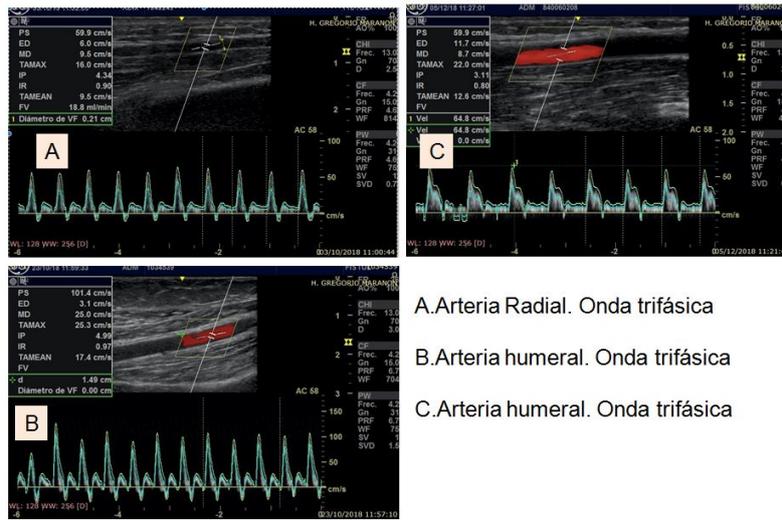


Figura 6.



Figura 8.

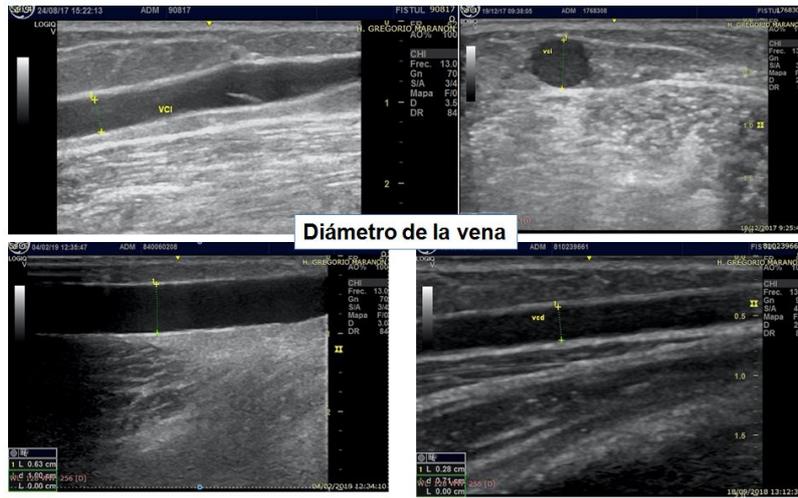


Figura 9.

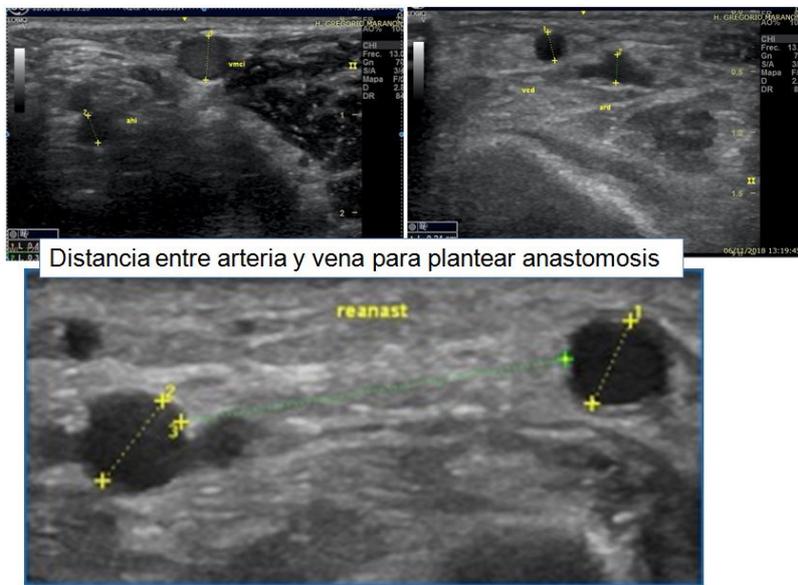


Figura 10.

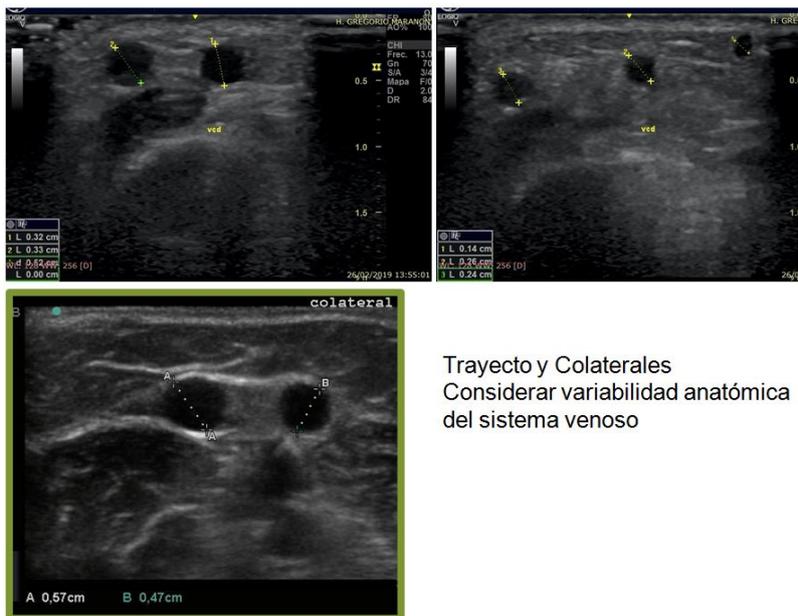


Figura 12.

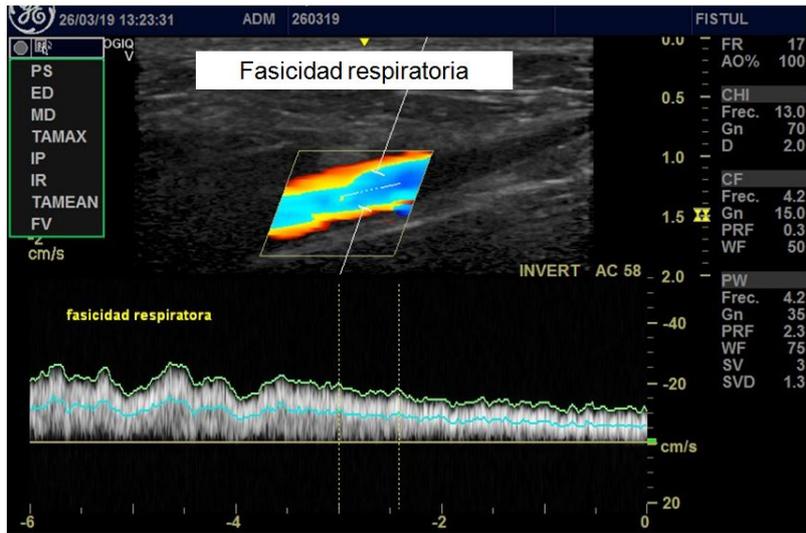


Figura 13.

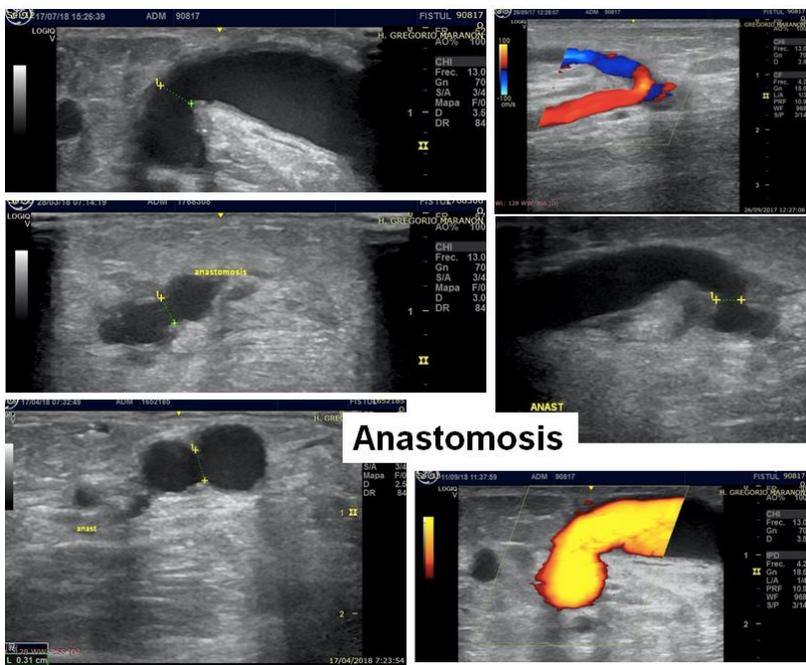


Figura 14.



Figura 15.

Figura 17  
Hiperplasia intimal

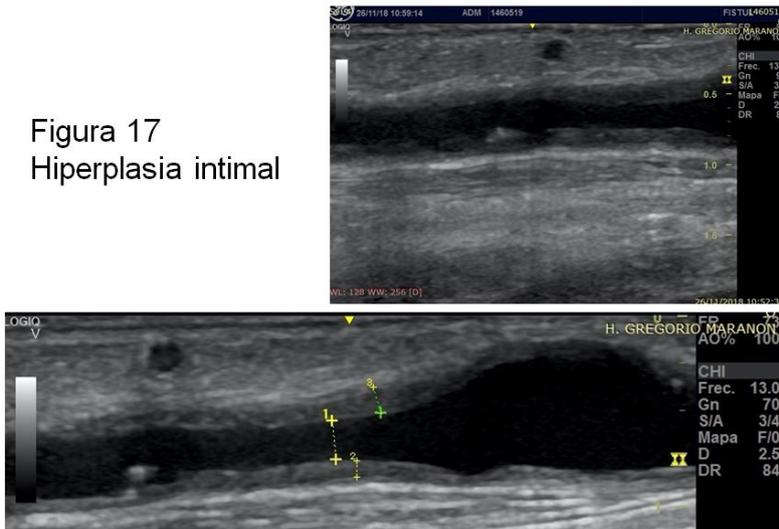


Figura 17.

Figura 18: Trombos parciales

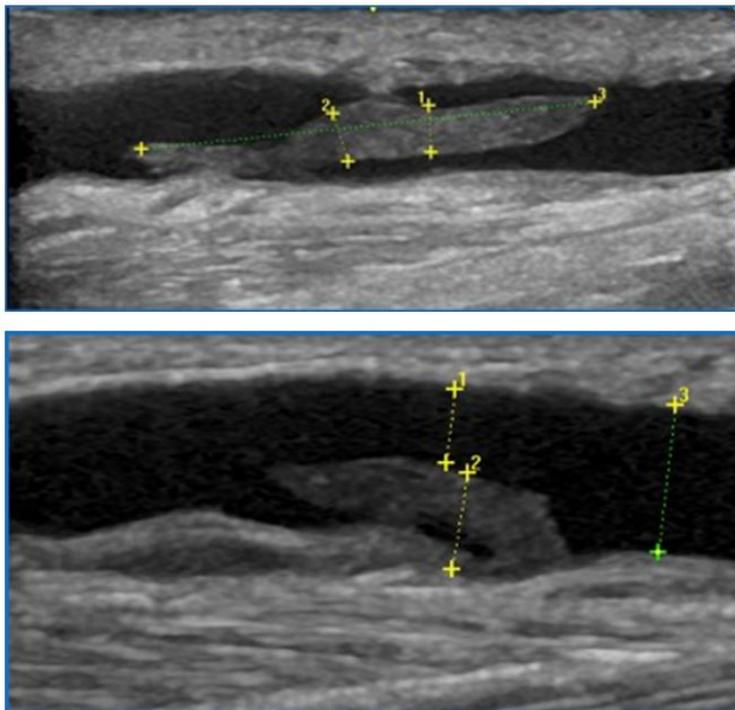


Figura 18.

Figura 19: Trombos parciales en aneurismas

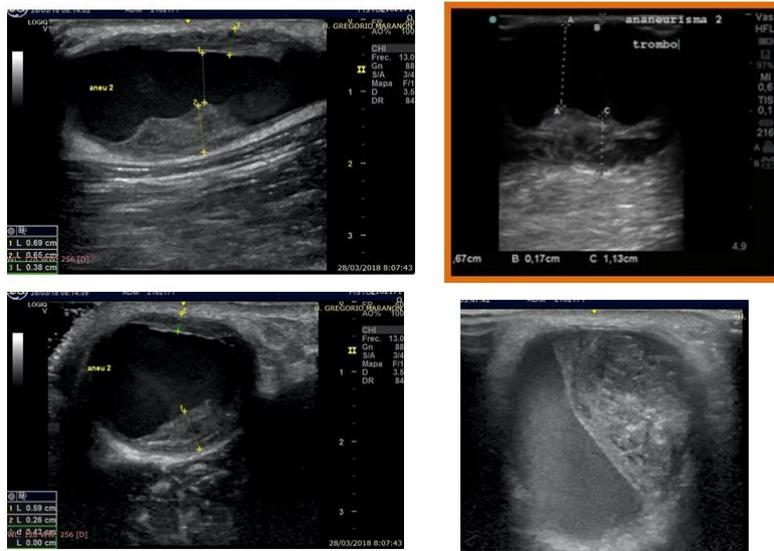


Figura 19.

Figura 20: Aneurismas

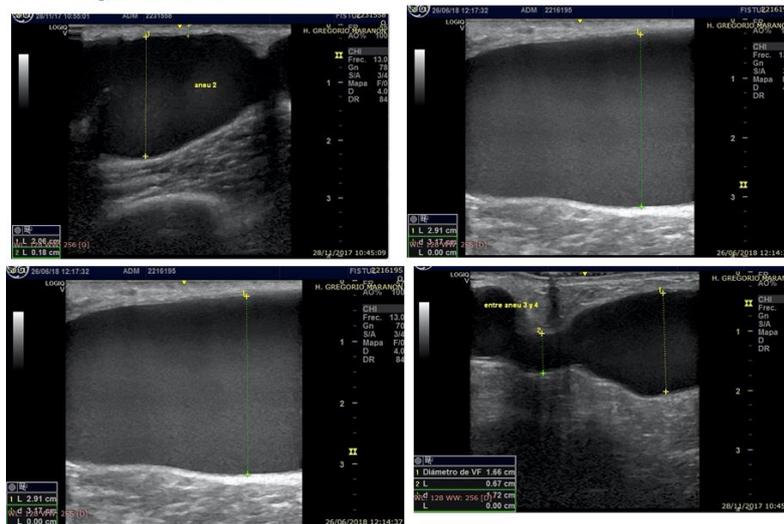


Figura 20.

Figura 21  
Pseudoaneurismas



Figura 21.

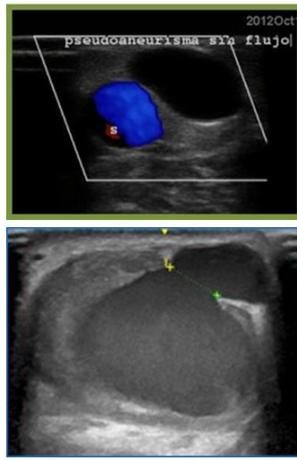


Figura 22  
Pseudoaneurismas

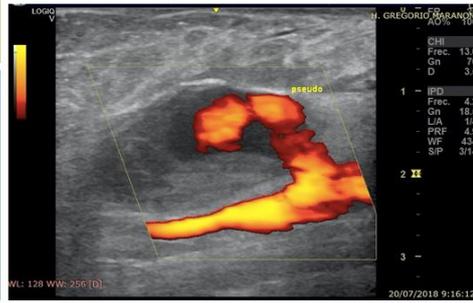


Figura 22.

Figura 23  
Hematomas

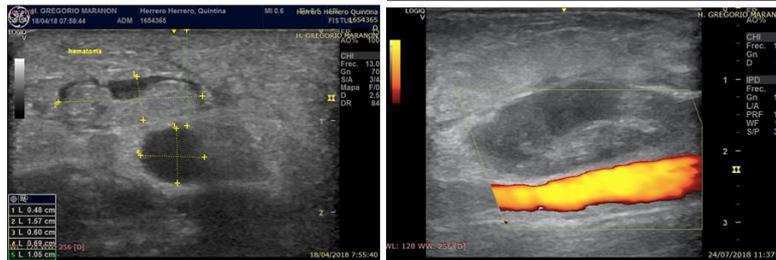


Figura 23.

Figura 24:  
Estenosis venosas

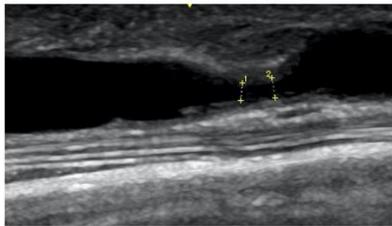


Figura 24.

Figura 25: Medida de flujo de accesoe Índice de resistencia

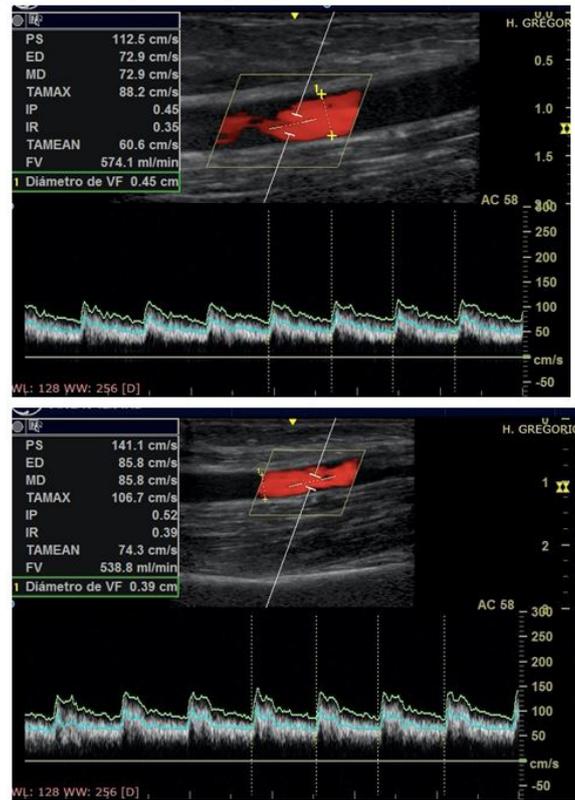


Figura 25.

Figura 26: Medida de flujo de acceso e Índice de resistencia

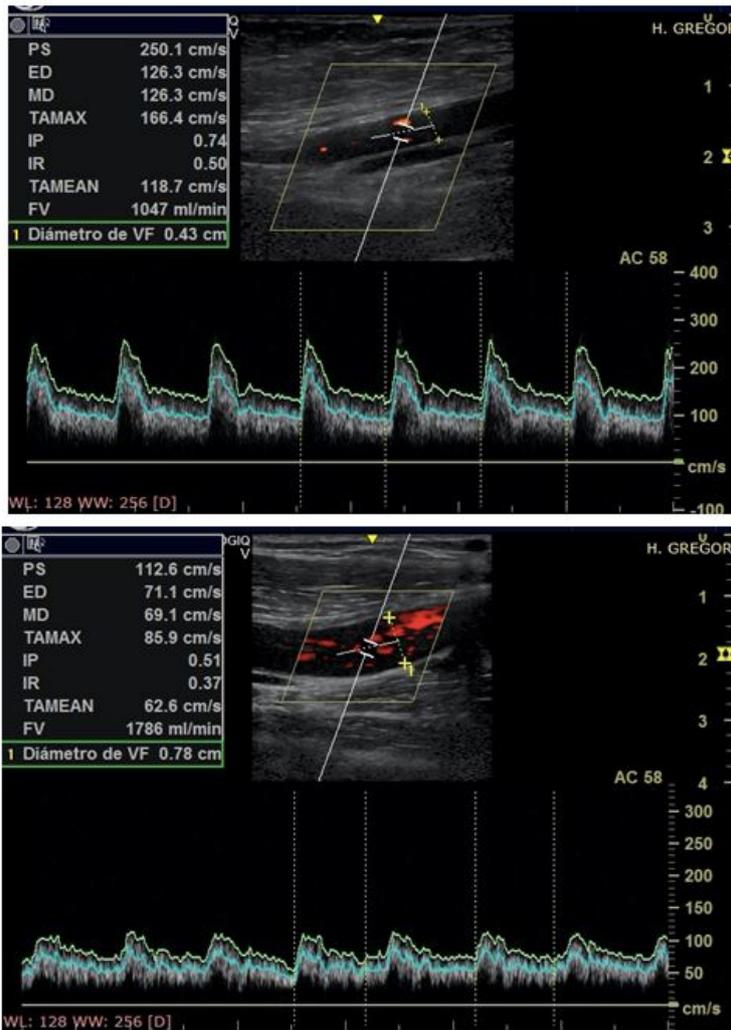


Figura 26.

Figura 27

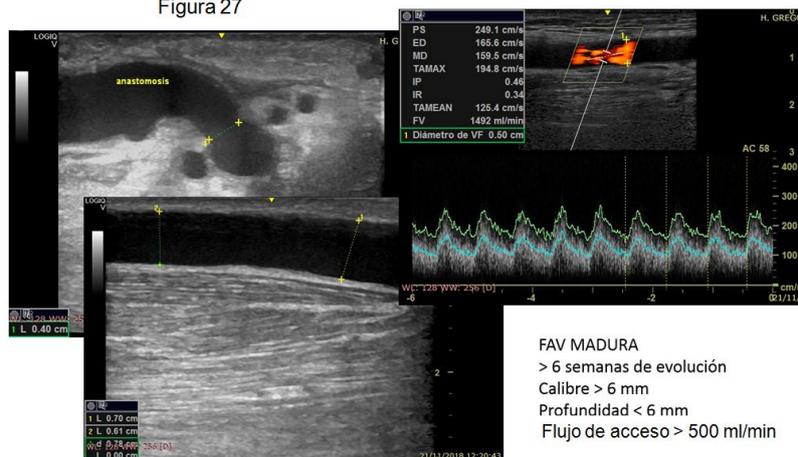
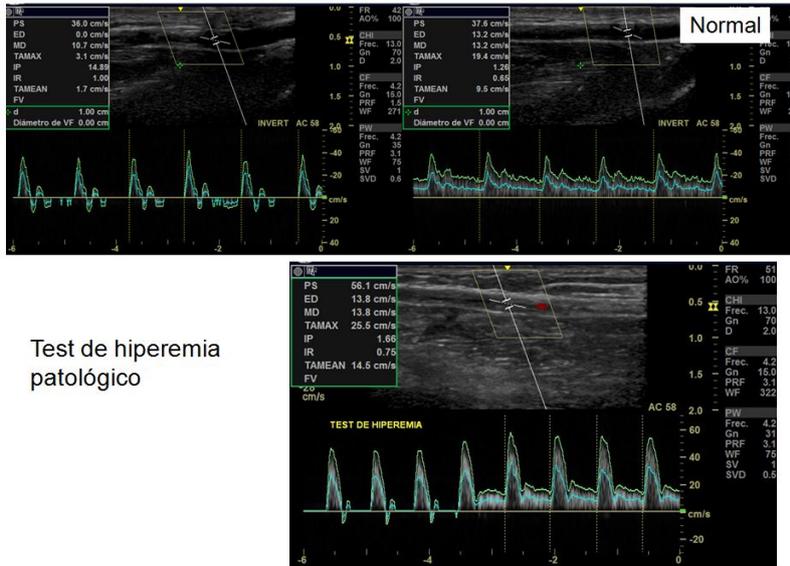


Figura 27.

Figura 7: Test de hiperemia

PUÑO CERRADO IR 1,00 → MANO ABIERTA A LOS 2 MINUTOS IR 0,65



Test de hiperemia patológico

Figura 7.

Figura 11: Vena basilica profunda



Figura 11.

Figura 16  
Zonas de punción

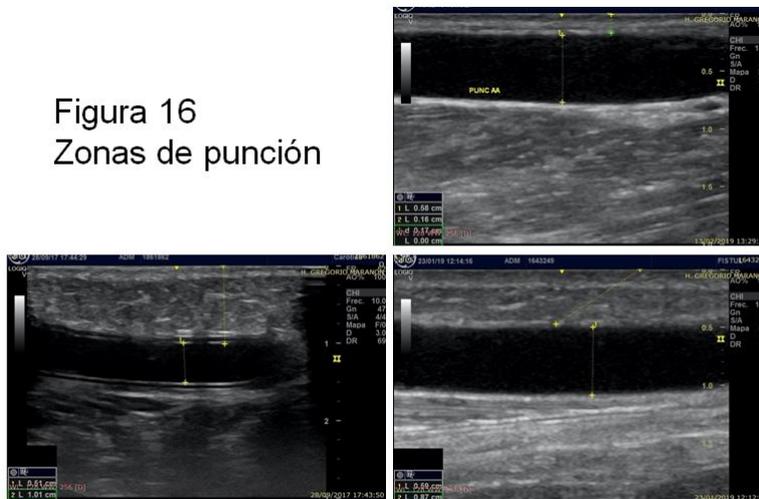


Figura 16.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Georgiadis GS, Charalampidis DG, Argyriou C, Georgakarakos EI, Lazarides MK. The necessity for routine pre-operative ultrasound mapping before arteriovenous fistula creation: a meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015;49:600-5.
2. Wong CS, McNicholas N, Healy D, Clarke-Moloney M, Coffey JC, Grace PA, et al. A systematic review of preoperative duplex ultrasonography and arteriovenous fistula formation. *J Vasc Surg.* 2013;57:1129-33.
3. Mihmanli I, Besirli K, Kurugoglu S, Atakir K, Haider S, Ogut G, et al. Cephalic vein and hemodialysis fistula: surgeon's observation versus color Doppler ultrasonographic findings. *J Ultrasound Med.* 2001;20:217-22.
4. Nursal TZ, Oguzkurt L, Tercan F, Torer N, Noyan T, Karakayali H, et al. Is routine preoperative ultrasonographic mapping for arteriovenous fistula creation necessary in patients with favorable physical examination findings? Results of a randomized controlled trial. *World J Surg.* 2006;30:1100-7.
5. Ferring M, Claridge M, Smith SA, Wilmsink T. Routine preoperative vascular ultrasound improves patency and use of arteriovenous fistulas for hemodialysis: a randomized trial. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2010;5:2236-4.
6. Marques MG, Ponce P. Pre-operative Assessment for Arteriovenous Fistula Placement for Dialysis. *Semin Dial.* 2017 Jan;30(1):58-62. [Pubmed]
7. Hossain S, Sharma A, Dubois L, DeRose G, Duncan A, Power AH. Preoperative point-of-care ultrasound and its impact on arteriovenous fistula maturation outcomes. *J Vasc Surg.* 2018 Oct;68(4):1157-1165
8. Muray Cases S, García Medina J, Pérez Abad JM, Andreu Muñoz AJ, Ramos Carrasco F, Pérez Pérez A, Lacasa Pérez N, Cabezuelo Romero JB. Importance of monitoring and treatment of failed maturation in radiocephalic arteriovenous fistula in predialysis: Role of ultrasound. *Nefrologia.* 2016 Jul-Aug;36(4):410-7. [Pubmed]
9. Tessitore N, Lipari G, Poli A, Bedogna V, Baggio E, Loschiavo C, et al. Can blood flow surveillance and pre-emptive repair of subclinical stenosis prolong the useful life of arteriovenous fistulae? A randomized controlled study. *Nephrol Dial Transplant.* 2004;19:2325-33.
10. Tonelli M, James M, Wiebe N, Jindal K, Hemmelgarn B. Ultrasound monitoring to detect access stenosis in hemodialysis patients: a systematic review. *Am J Kidney Dis.* 2008;51: 630-40
11. Casey ET, Murad MH, Rizvi AZ, Sidawy AN, McGrath MM, Elamin MB, et al. Surveillance of arteriovenous hemodialysis access: a systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg.* 2008;48(5 Suppl):S48-54.
12. Kumbar L, Karim J, Besarab A. Surveillance and monitoring of dialysis access. *Int J Nephrol.* 2012;2012:649735.
13. Wijnen E, Van der Sande FM, Tordoir JH, Kooman JP, Leunissen KM. Effect of online haemodialysis vascular access flow evaluation and pre-emptive intervention on the frequency of access thrombosis. *NDT Plus.* 2008;5:279-84.
14. Ibeas López J. Monitorización del acceso vascular: Quo vadis? *NefroPlus.* 2011;4:11-20.
15. Roca-Tey R, Samon R, Ibrik O, Roda A, González-Oliva JC, Martínez-Cercas R, et al. Incidence and etiology of vascular access (VA) thrombosis in prevalent patients under VA surveillance for stenosis by blood flow rate (QA) measurements. *Nephrol Dial Transplant.* 2012;27(Suppl 2):ii257.
16. Malik J, Kudlicka J, Novakova L, Adamec J, Malikova H, Kavan J. Surveillance of arteriovenous

accesses with the use of duplex Doppler ultrasonography. *J Vasc Access*. 2014;15 Suppl 7:S28-32.

[Pubmed]

17. Muchayi T, Salman L, Tamariz LJ, Asif A, Rizvi A, Lenz O, et al. A meta-analysis of randomized clinical trials assessing hemodialysis access thrombosis based on access flow monitoring: where do we stand? *Semin Dial*. 2015;28:E23-9.

18. Ravani P, Quinn RR, Oliver MJ, Karsanji DJ, James MT, MacRae JM, Palmer SC, Strippoli GF. Preemptive Correction of Arteriovenous Access Stenosis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Am J Kidney Dis*. 2016 Mar;67(3):446-60. [Pubmed]

19. Hwang SD, Lee JH, Lee SW, Kim JK, Kim MJ, Song JH. Comparison of ultrasound scan blood flow measurement versus other forms of surveillance in the thrombosis rate of hemodialysis access: A systemic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018 Jul;97 (30):e11194. [Pubmed]

20. Roca-Tey R, Samon Guasch R, Ibrik O, García-Madrid C, Herranz JJ, García-González L, Viladoms Guerra J. Vascular access surveillance with blood flow monitoring: a prospective study with 65 patients. *Nefrologia*. 2004;24(3):246-52.

21. Aragoncillo I, Abad S, Caldés S, Amézquita Y, Vega A, Cirugeda A, Moratilla C, Ibeas J, Roca-Tey R, Fernández C, Macías N, Quiroga B, Blanco A, Villaverde M, Ruiz C, Martín B, Ruiz AM, Ampuero J, de Alvaro F, López-Gómez JM. Adding access blood flow surveillance reduces thrombosis and improves arteriovenous fistula patency: a randomized controlled trial. *J Vasc Access*. 2017 Jul 14;18(4):352-358 [Pubmed]

22. Roca-Tey R, Ibeas J, Moreno T, Gruss E, Merino JL, Vallespín J, Hernán D, Arribas P; Spanish Multidisciplinary Vascular Access Group (GEMAV). Dialysis arteriovenous access monitoring and surveillance according to the 2017 Spanish Guidelines. *J Vasc Access*. 2018 Sep;19(5):422-429 [Pubmed]

23. Ibeas J, Vallespin J, Rodriguez-Jornet A, Branera J, Fortuño J, Bermudez P, et al. Portable Doppler-ultrasound used by the nephrologist in the hemodialysis unit for the immediate detection of fistula pathology and ultrasound guided cannulation: consolidation of a technique inside a protocolized interdisciplinary team with vascular surgeons, interventional radiologists and infirmary. A 4 years experience. *J Am Soc Nephrol*. 2008;19:254A.

24. Tordoir JH, Hoeneveld H, Eikelboom BC, Kitslaar PJ. The correlation between clinical and duplex ultrasound parameters and the development of complications in arteriovenous fistulas for haemodialysis. *Eur J Vasc Surg*. 1990;4:179-84.

25. Scaffaro LA, Bettio JA, Cavazzola SA, Campos BT, Burmeister JE, Pereira RM, et al. Maintenance of hemodialysis arteriovenous fistulas by an interventional strategy. Clinical and Duplex ultrasonographic surveillance followed by transluminal angioplasty. *J Ultrasound Med*. 2009;28:1159-65.

26. Moreno Sanchez T, Martin Hervas C, Sola Martinez E, Moreno Rodriguez F. Valor de la ecografia Doppler en la disfunción de los accesos vasculares periféricos para hemodiálisis. *Radiologia*. 2014;56:420-8.

27. Salman L, Ladino M, Alex M, Dhamija R, Merrill D, Lenz O, et al. Accuracy of Ultrasound in the Detection of Inflow Stenosis of Arteriovenous Fistulae: Results of a Prospective Study. *Semin Dial*. 2010;23:117-21.

28. Doelman C, Duijm LE, Liem YS, Froger CL, Tielbeek AV, Donkers-van Rossum AB, et al. Stenosis detection in failing hemodialysis access fistulas and grafts: comparison of color Doppler ultrasonography, contrast-enhanced magnetic resonance angiography, and digital subtraction angiography. *J Vasc Surg*. 2005;42:739-46.

29. Cansu A, Soyuturk M, Ozturk MH, Kul S, Pulathan Z, Dinc H. Diagnostic value of color Doppler

- ultrasonography and MDCT angiography in complications of hemodialysis fistulas and grafts. *Eur J Radiol.* 2013;82:1436-43.
30. Schwarz C, Mitterbauer C, Boczula M, Maca T, Funovics M, Heinze G, Lorenz M, Kovarik J, Oberbauer R. Flow monitoring: performance characteristics of ultrasound dilution versus color Doppler ultrasound compared with fistulography. *Am J Kidney Dis.* 2003 Sep;42(3):539-45. [Pubmed]
31. Ecografía del acceso vascular para hemodiálisis: conceptos teóricos y prácticos. José Ibeas-López, Joaquim Vallespín-Aguado. *Nefrologia Sup Ext* 2012;3(6):21-35.
32. Gosmanova EO, Wu S, O'Neill WC. Application of ultrasound in nephrology practice. *Adv Chronic Kidney Dis* 2009;16(5):396-404. [Pubmed]
33. Teodorescu V, Gustavson S, Schanzer H. Duplex ultrasound evaluation of hemodialysis access: a detailed protocol. *Int J Nephrol* 2012;2012:508956. [Pubmed]
34. Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access. *J Vasc Surg.* 2012;55:849-55.
35. Wong V, Ward R, Taylor J, Selvakumar S, How TV, Bakran A. Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1996;12:207-13.
36. Lauvao LS, Ichnat DM, Goshima KR, Chavez L, Gruessner AC, Mills JL Sr. Vein diameter is the major predictor of fistula maturation. *J Vasc Surg.* 2009;49:1499-504.
37. Ascher E, Gade P, Hingorani A, Mazzariol F, Gunduz Y, Fodera M, et al. Changes in the practice of angioaccess surgery: impact of dialysis outcome and quality initiative recommendations. *J Vasc Surg.* 2000;31(1 Pt 1):84-92. [Pubmed]
38. Khavanin Zadeh M, Gholipour F, Naderpour Z, Porfakharan M. Relationship between vessel diameter and time to maturation of arteriovenous fistula for hemodialysis access. *Int J Nephrol.* 2012;2012:94250.
39. Parmar J, Aslam M, Standfield N. Pre-operative radial arterial diameter predicts early failure of arteriovenous fistula (AVF) for haemodialysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007;33:113-5.
40. Korten E, Toonder IM, Schrama YC, Hop WC, Van der Ham AC, Wittens CH. Dialysis fistulae patency and preoperative diameter ultrasound measurements. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007;33:467-71.
41. Malovrh M. Non-invasive evaluation of vessels by duplex sonography prior to construction of arteriovenous fistulas for haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 1998;13:125-9.
42. Silva MB Jr, Hobson RW 2nd, Pappas PJ, Jamil Z, Araki CT, Goldberg MC, et al. A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures: impact of preoperative noninvasive evaluation. *J Vasc Surg.* 1998;27:302-7.
43. Hamish M, Geddoa E, Reda A, Kambal A, Zarka A, Altayar A, et al. Relationship between vessel size and vascular access patency based on preoperatively ultrasound Doppler. *Int Surg.* 2008;93:6-14.
44. Masengu A, McDaid J, Maxwell A.P et al. Preoperative radial artery volume flow is predictive of arteriovenous fistula outcomes, *J Vasc Surg* 2016;63:429-35. [Pubmed]
45. Kim JJ, Koopmann M, Ihenachor E, Zeng A, Ryan T, deVirgilio C. The Addition of Ultrasound Arterial Examination to Upper Extremity Vein Mapping before Hemodialysis Access. *Ann Vasc Surg.* 2016 May;33:109-15. [Pubmed]
46. Kordzadeh A, Chung J, Panayiotopoulos YP. Cephalic vein and radial artery diameter in formation of radiocephalic arteriovenous fistula: a systematic review. *J Vasc Access.* 2015 Nov-Dec;16(6):506-11. [Pubmed]
47. Dageforde LA, Harms KA, Feurer ID, Shaffer D. Increased minimum vein diameter on preoperative

- mapping with duplex ultrasound is associated with arteriovenous fistula maturation and secondary patency. *J Vasc Surg.* 2015 Jan;61(1):170-6. [Pubmed]
48. Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transplant.* 2004;19:1956-63.
49. Lockhart ME, Robbin ML. Hemodialysis access ultrasound. *Ultrasound Q.* 2001;17:157-67.
50. Sands JJ, Ferrell LM, Perry MA. The role of color flow Doppler ultrasound in dialysis access. *Seminars in Nephrology.* 2002;22:195-201.
51. Campos RP, Do Nascimento MM, Chula DC, Do Nascimento DE, Riella MC. Stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula: evaluation and treatment. *Hemodial Int.* 2006;10:152-61.
52. Asif A, Gadalean FN, Merrill D, Cherla G, Cipleu CD, Epstein DL, et al. Inflow stenosis in arteriovenous fistulas and grafts: a multicenter, prospective study. *Kidney Int.* 2005;67:1986-92.
53. Roca-Tey R, Ibrik O, Samon R, Mart.nez-Cerc.s R, Viladoms J. Prevalence and functional profile of unsuspected radial artery stenosis in native radiocephalic fistula dysfunction. Diagnosis by vascular access flow monitoring using Delta-H method. *Nefrologia.* 2006;26:581-6.
54. Tordoir JHM, Dammers R, Van der Sande FM. Upper extremity ischemia and hemodialysis vascular access. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2004;27:1-5.
55. Asif A, Roy-Chaudhury P, Beathard GA. Early arteriovenous fistula failure: a logical proposal for when and how to intervene. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2006;1:332-9.
56. Beathard GA, Arnold P, Jackson J, Litchfield T; Physician Operators Forum of RMS Lifeline. Aggressive treatment of early fistula failure. *Kidney Int.* 2003;64:1487-94.
57. Canneyt van K, Swillens A, Lovstakken L et al. The accuracy of ultrasound volume flow measurements in the complex flow setting of a forearm vascular access, *J Vasc Access* 2013; 14(3): 281 ÷ 290.
58. Blanco P, Volumetric blood flow measurement using Doppler ultrasound: concerns about the technique, *J Ultrasound* (2015) 18:201-204. 10. [Pubmed]
59. Zhu YL, Ding H, Fan PL, Gu QL, Teng J, Wang WP. Predicting the maturity of haemodialysis arteriovenous fistulas with colour Doppler ultrasound: a single-centre study from China. *Clin Radiol.* 2016 Jun;71(6):576-82. [Pubmed]
60. Lee T, Magill M, Burke SK, Blair AT, Robbin ML, Allon M. Comparison of postoperative ultrasound criteria to predict unassisted use of arteriovenous fistulas for hemodialysis. *J Vasc Access.* 2018 Mar;19(2):167-171.
-